**一种改进的遥感图像融合算法研究**

李 可，张 康

(广东开放大学，广东广州，510091)

**摘要：**本文针对高光谱分辨率的多光谱图像(MS)与高空间分辨率的全色图像(PAN)的融合算法进行研究. 针对传统的HSV变换融合技术出现颜色失真且NSCT变换的计算复杂度较高的不足, 提出了一种新的基于HSV变换和NSST变换的遥感图像融合方法.该算法实现过程如下:首先,对MS图像进行HSV变换并提取亮度分量V; 其次, 将亮度分量V与PAN图像进行NSST变换, 对于变换后的低频子带，本文采取区域能量取大的规则来选取融合系数；而对于变换后的高频子带，则使用改进的拉普拉斯和(SML)来选择融合系数;最后, 对融合后的系数进行HSV逆变换进而得到融合结果图像. 实验表明, 本文所提算法在平均梯度、信息熵、交叉熵、峰值信噪比和结构相似度五个客观评价标准上优于传统的遥感图像融合算法,并在空间细节保持和光谱信息增强两个方面得到了较大的提高.

**关键词：**遥感图像；图像融合；HSV变换；SML；NSST变换

**中图法分类号：**TP391.41**文献标识码：**A

**An Improved Remote Sensing Image Fusion Algorithm**

Li Ke, Zhang Kang

（Guangdong Open University, Guangdong Guangzhou, 510091, China）

**Abstract:** This paper investigates an efficient algorithm that can fuse high spectral resolution multispectral images(MS)and high spatial resolutionpanchromatic images(PAN).The traditional HSVmethod has color distortionand NSCTtransform has heavy computation. To overcome these problems, a novel remote sensing image fusion algorithm is proposed which can integrate both merits of HSV and NSST transforms. The algorithm runs in three phases: Firstly,the intensity component V of MS is extracted via HSV transform; Then, the intensity component V is merged with PAN via NSST transform. For transformed low frequency coefficient, we utilize maximum of regional energy to choose fusion coefficients; for high frequency subband, we use sum-modified Laplacian(SML) to select fusion coefficients. Finally, the fusion image is obtained via inverse HSV transform. Experimental results demonstrate that the proposed fusion algorithmsubstantially outperforms the best-known remote sensing image fusion algorithms in terms of five objective evaluation metrics (*i.e.*, average gradient, information entropy,cross entropy, Peak signal-to-noise ratio(PSNR) and Measure of Structural Similarity (SSIM) ), and has been greatly improved in maintainment of spatial details and enhancement of spectral information.

###### **Key words:** Remote sensing image; Image Fusion; HSV transform; SML; NSST transform

0 引言

遥感图像融合是一种有代表性的图像融合类型, 其目的就是要将所获得的不同空间与光谱分辨率的信息进行整合, 以进一步用于图像

理解、特征提取、建模和分类[1-2].自研究者们对图像融合方法关注以来,提出了许多算法[3-12],如文献[3]中将HSV变换与小波变换相结合进行图像融合, 文献[4]中将PCA变换与小波变换相结合提出一种遥感图像融合算法, 而由于小波变换不具有平移不变性并且方向选择有限, 所以这两种算法不仅引入了光谱失真现象而且对图像配准的要求度很高; 文献[7]和[8]中引入了具有平移不变性的NSCT变换, 该类算法有效的解决了图像配准要求度高的问题, 但其计算复杂度较高, 不利于实际应用. 而文献[9]和[10]提出了一种新的具有平移不变性且计算效率高的多尺度变换---NSST变换. 鉴于此, 本文提出了一种新的基于HSV和NSST变换的遥感图像融合方法, 具体实现过程见下文. 实验结果表明, 该方法使融合后图像在多光谱信息保持和空间细节信息增强两个方面均得到提高.

1基于HSV和NSST变换的遥感图像融合新方法

1.1HSV变换

HSV色彩空间是一种用色调(H)、饱和度(S)和亮度(V)来描述颜色的颜色空间[3]，它基于人类对颜色的感知. 其中，色调也称色相, 是物体反射和投射光的颜色, 由颜色名称所标识, 比如红、橙或蓝; 而饱和度, 又称为彩度, 表示颜色的纯度或强度, 指灰度成分在色调中所占的比例, 用0%(灰色)到100%(完全饱和)的百分比值来度量[3]; 亮度表示颜色的相对明暗程度, 一般用0%(黑)到100%(白）的百分比值来度量. 常用的红绿蓝(RGB)色彩空间和HSV色彩空间只是相同物理量的不同表达方式, 它们之间的转化关系如下[3]

 (1)

(2)

 (3)

传统的IHS变换会产生较严重的光谱失真，并且会伴随退化现象的产生, 而HSV色彩空间变换在保留多光谱信息方面有较高的提升[3]. 但由式(1)可以看出, 亮度分量V是R, G和B三个分量的平均值.因此, 必然存在这三个分量表达亮度信息重叠冗余现象的发生[3], 不利于边界的识别和纹理特征的表现.所以本文将NSST变换引入到HSV变换里来加强边界信息的识别和纹理细节的呈现.

NSST

NSST

SML

LE

INSST

High coefficients

High coefficients

Low coefficients

Low coefficients

HSV

IHSV

MS

Fused

Image

PAN

V

S

H

V’

High coefficients

Low coefficients

1.2NSST变换融合

G.Easley 等人构造了剪切波变换(ST)和非下采样剪切波变换(NSST)[9-10]. 其中NSST变换的实现过程分为非下采样的多尺度剖分和方向局部化两个步骤. 前一步骤利用非下采样金字塔(Non-subsampled Pyramid,NSP)实现; 后一步骤则是由具有平移不变性的剪切滤波器(Shearlet Filter，SF)来完成.其核心思想是首先用NSP将图像分解成一个低频图像与一系列带通子带图像, 然后对每一级带通子带图像采用SF进行方向化,进而得到方向子带图像[9].图1表示NSST的实现流程图.

NSP

k=3

SF

NSP

k=2

NSP

k=1

source image

SF

SF

图1NSST的实现流程图

Fig 1 Schematic diagram of NSST

1.2.1 低频子带融合规则

由于低频图像是源图像的近似图像, 所以其包含了源图像的大部分能量[6].传统方法所用的融合规则是取平均值, 而这种规则的选取会降低最终图像的对比度. 由于人类视觉系统对单一像素不敏感, 但对区域像素的改变是非常敏感的, 而区域能量恰好能够较好反映图像的局部特征[8]. 因此, 本文选取区域能量作为低频系数的融合规则, 定义如下[8]：

 (4)

其中,表示低频系数所在位置, 为窗口大小, 本文选为.

因此，融合后的低频系数遵循规则如下:

图2 本文融合算法流程图

Fig 2 The framework of the proposed fusion algorithm

 (5)

其中和表示图像和在位置上的区域能量，，和

分别表示图像,和在位置上的低频系数.

1.2.2 高频子带融合规则

方向高频子带主要包括图像的细节信息, 如边缘细节和线性特征等[12]. 由于改进的拉普拉斯和(SML)[12]能很好地反映图像的显著特征. 因此, 本文将其作为高频子带的融合规则, SML定义为[12]：

 (6)

(7)

其中表示在位置上的高频系数, 表示系数的测量距离, 为窗口大小;

本文窗口大小选为，测量距离.

因此，融合后的高频系数遵循规则如下:

(8)

其中和表示图像和在位置上尺度方向子带的SML值，，和表示图像,和在位置上尺度方向子带的高频系数.

1.3基于HSV和NSST变换的遥感图像融合算法

输入：配准后的PAN图像和MS图像.

Step1获取V分量：

对MS图像进行HSV变换, 并提取V分量.

Step2 获取融合系数：

将PAN图像和MS图像的V向量进行NSST变换融合, 其中:

1. 用定义式(4)计算低频系数的区域能量, 进而利用规则式(5)获得融合后的低频系数.
2. 用定义式(6)和(7)计算高频系数的SML值, 并利用规则式(8)进行决策, 从而得到融合后的高频系数.
3. 将前两步得到的低频和高频系数进行逆NSST变换(INSST), 得到新的V分量.

Step3获得融合图像：

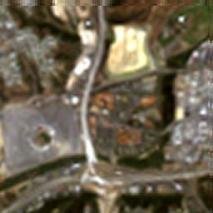
将新的V分量与原MS图像的H和S分量进行逆HSV变换(IHSV),得到融合结果图像.

输出：融合图像.

本文所提图像融合算法流程图见图2

**2** 仿真实验结果与分析

为了检验本文所提算法的有效性,使用两组IKONOS MS图像和PAN图像进行实验分析,图像大小均为256×256, 实验在Matlab2012软件下进行.在实验中用HSV+Contourlet、HSV+NSCT、HSV+NSST、HSV方法和PCA方法与本文提出的算法进行比较.其中Contourlet变换的LP和DFB都采用“pkva”滤波器, NSCT变换的LP采用“maxflat”滤波器,DFB采用“dmaxflat7”滤波器, 分解层数为3.NSST变换采用“maxflat”滤波器. 用于实验比较的算法均采用低频系数取平均, 高频系数取绝对值最大的融合规则.两组实验结果见图3和图4.



(a) MS (b) PAN



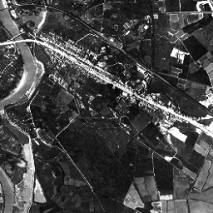
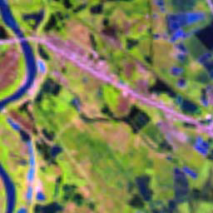
(c)HSV+Contourlet(d) HSV+NSST (e) HSV+NSCT



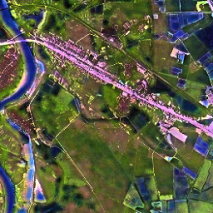
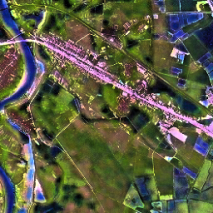
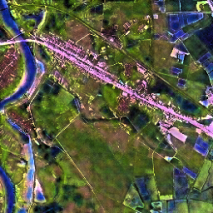
(f) HSV (g) PCA(h) 本文算法

图3第一组MS图像与PAN图像的融合实验

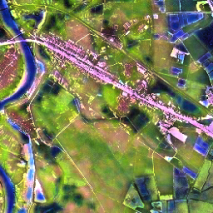
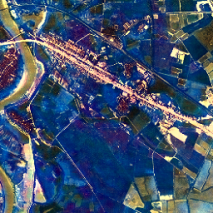
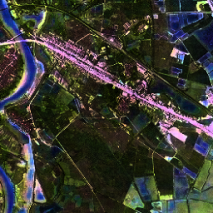
Fig 3 The first group fusion results of MS and PAN



(a) MS (b) PAN



(c)HSV+Contourlet(d) HSV+NSST (e) HSV+NSCT



(f) HSV (g) PCA(h)本文算法

图4第二组MS图像与PAN图像的融合实验

Fig 4 The second group fusion results of MS and PAN

2.1 主观评价

从视觉角度来看,这几种方法都能够从MS图像和PAN图像提取到光谱信息和细节信息, 并能将光谱信息和细节特性体现在最终图像中. 但是, 从图3中可以看出图像(c)(d)(e)(f)显示不清晰, 并且在土地和亮色部分的颜色有些许失真, 其中图(f)的亮色部分的颜色比原始MS图像对应部分的颜色变暗甚多; 而图像(g)则出现严重的颜色畸变, 非常不利于图像的更多应用; 与上述算法相比, 本文算法所获得的图(h)在光谱信息和细节信息等方面优于其它算法,如亮色部分和土地的颜色都保持得很好,并且楼房的布局信息非常清晰明了.

从图4中可看出图像(c)(d)(e)(f)在对比度方面表现较差, 且整体色调偏暗, 如草地的颜色较深，与原MS图像对应部分的颜色不一致, 其中图(f)在对比度上表现最差; 而图(g)则出现了非常严重的颜色畸变; 与上述算法相比, 本文算法所获得的图(h)在光谱信息和细节信息等方面优于其它算法,如草地和道路颜色都保持得很好, 并且草地、河流和道路等地物信息的分布和细节都得到了很大提高.

2.2 客观评价

除了主观视觉评价外, 为了客观地检验融合图像的质量, 本文选用了平均梯度、信息熵、交叉熵、峰值信噪比和结构相似度这五个评价指标[13-14]. 其中前两个指标检验的是融合图像保持空间信息的多少, 数值越大, 表明融合图像保持原始PAN图像的空间细节越多; 后三个指标检验的是融合结果保存光谱信息的强弱, 其中当交叉熵的值越小(理想值为0), 最后两个指标值越大时, 表明融合图像保存原始MS图像的光谱信息越多.两组图像采用不同融合算法得到的融合结果的客观评价指标数据见表1和表2.其中最好的数值结果用黑体标记.

1) 平均梯度[13]

平均梯度反映图像的细节反差程度和纹理变换特征[13]. 其值越大, 图像越清晰, 融合效果越好. 平均梯度计算公式为

(9)

其中*M,N*代表图像的行数与列数, 为图像在处的像素值, 与分别表示沿和方向的差分.

2) 信息熵[13]

融合图像的熵值越大,其包含的信息量越多,融合效果越好[13].信息熵计算公式为

 (10)

其中为融合图像的各灰度频率,为融合图像的灰度阶.

1. 交叉熵[13]

交叉熵能够直接表示两幅图像对应像素间的差异大小[13]. 其值越小, 差异越小, 融合效果越好. 交叉熵定义为

 (11)

其中分别为融合图像与原图像的灰度分布.

4) 峰值信噪比[13]

峰值信噪比的值越大, 表明两幅图像越相关, 图像越清晰, 融合效果越好[13]. 峰值信噪比的计算公式为

(12)

其中为融合图像中的最大灰度值.

5) 结构相似度[14]

结构相似度的值越大, 表明两幅图像越相似, 融合效果越好[14]. 结构相似度的计算公式为

(13)

其中和表示常数, 本文取值为0，和是融合图像和图像的方差, 是融合图像与图像的协方差.

从表1中可以看出,在平均梯度方面, PCA算法虽然在G、B波段和平均值上是最好的,但在其他四个方面都是很差的,其中在交叉熵、峰值信噪比和结构相似度上是最差的, 表明该算法所得结果在光谱信息方面表现是最差的, 这与主观评价结果相一致; HSV算法所获得的融合结果在平均梯度和信息熵这2个客观评价指标上是所有算法中最差的,说明该融合算法所获得的融合结果在图像细节反差程度和纹理变换特征方面最不清晰,与原PAN图像的空间分辨率的相关性最小, 与主观视觉所得结果一致; 而HSV+Contourlet算法、HSV+NSCT算法和HSV+NSST算法虽然在平均梯度和信息熵方面有了很大的提高, 其中HSV+Contourlet得到的平均梯度在R波段上达到了最大, 但这三个算法所得结果的交叉熵相对较大,这说明所获得的图像在光谱信息的保持方面相对较差, 这与主观视觉效果具有一致性;与以上四种融合算法相比,本文所提算法虽然在平均梯度方面排名第三,但在信息熵、交叉熵、峰值信噪比和结构相似度方面均是最优的, 综合说明本文算法所获得的融合结果在图像细节的保持和光谱信

息的增强方面表现都是最好的.

表1 第一组图像客观评价指标结果

Table 1 Quantitative evaluation results of the first group images

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | band | Grad | I | D | PSNR | SSIM |
| HSV+  NSCT | R | 11.1943 | 7.5132 | 0.0897 | 19.3730 | 0.8662 |
| G | 10.4176 | 7.4602 | 0.0721 | 20.0918 | 0.8788 |
| B | 9.1315 | 7.3993 | 0.0453 | 21.6491 | 0.9142 |
|  | avg | 10.2478 | 7.4576 | 0.0690 | 20.3713 | 0.8864 |
| HSV+  NSST | R | 11.5122 | 7.5589 | 0.0996 | 19.0147 | 0.8591 |
| G | 10.7114 | 7.5055 | 0.0837 | 19.7714 | 0.8732 |
| B | 9.3425 | 7.4166 | 0.0454 | 21.4051 | 0.9104 |
|  | avg | 10.5220 | 7.4937 | 0.0762 | 20.0637 | 0.8809 |
| HSV+  Contourlet | R | **11.6735** | 7.5304 | 0.0822 | 19.1336 | 0.8583 |
| G | 10.8408 | 7.4719 | 0.0728 | 19.8494 | 0.8715 |
| B | 9.3887 | 7.4013 | 0.0400 | 21.4132 | 0.9092 |
|  | avg | 10.6343 | 7.4679 | 0.0650 | 20.1321 | 0.8797 |
| HSV | R | 11.0746 | 7.4120 | 0.2623 | 15.4090 | 0.6900 |
| G | 10.2275 | 7.3372 | 0.2198 | 16.1294 | 0.7146 |
| B | 8.7187 | 7.2455 | 0.1502 | 17.6559 | 0.7876 |
|  | avg | 10.0069 | 7.3316 | 0.2108 | 16.3981 | 0.7307 |
| PCA | R | 11.2520 | 7.4454 | 0.1562 | 16.0604 | 0.7056 |
| G | **10.9951** | 7.3955 | 0.1448 | 16.1764 | 0.6964 |
| B | **11.0772** | 7.3963 | 0.1629 | 16.6282 | 0.6908 |
|  | avg | **11.1081** | 7.4124 | 0.1546 | 16.2883 | 0.6976 |
| Proposed method | R | 11.2591 | **7.5850** | **0.0257** | **20.0691** | **0.8780** |
| G | 10.5575 | **7.5554** | **0.0263** | **20.8197** | **0.8919** |
| B | 9.3970 | **7.5386** | **0.0129** | **22.4307** | **0.9275** |
|  | avg | 10.4045 | **7.5597** | **0.0216** | **21.1065** | **0.8991** |

从表2中可以看出,在平均梯度方面, PCA算法虽然在R、G波段和平均值上是最好的,但在其他四个方面都是很差的,其中在结构相似度上是最差的, 表明该算法所得结果在光谱信息方面是最差的, 这与主观评价的结果相一致; HSV算法所获得的融合结果在除了结构相似度之外的四个客观评价指标上都是最差的,说明该融合算法所获得的融合结果在图像光谱信息方面很差, 而在细节反差程度和纹理变换特征

表2 第二组图像客观评价指标结果

Table 2 Quantitative evaluation results of the second group images

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | band | Grad | I | D | PSNR | SSIM |
| HSV+  NSCT | R | 16.6138 | 7.4073 | 0.7980 | 13.6048 | 0.6520 |
| G | 16.0017 | 7.3197 | 0.8027 | 13.5456 | 0.5432 |
| B | 13.1554 | 7.0524 | 0.5495 | 16.8414 | 0.7463 |
|  | avg | 15.2570 | 7.2598 | 0.7167 | 14.6639 | 0.6472 |
| HSV+  NSST | R | 16.8333 | 7.4505 | 0.7560 | 13.5242 | 0.6570 |
| G | 16.3073 | 7.4156 | 0.7817 | 13.4018 | 0.5501 |
| B | 13.3214 | 7.0885 | 0.5882 | 16.6330 | 0.7438 |
|  | avg | 15.4873 | 7.3182 | 0.7086 | 14.5197 | 0.6503 |
| HSV+  Contourlet | R | 17.0402 | 7.4234 | 0.7773 | 13.5216 | 0.6438 |
| G | 16.5388 | 7.3466 | 0.7886 | 13.4546 | 0.5318 |
| B | 13.5566 | 7.0777 | 0.5422 | 16.7198 | 0.7387 |
|  | avg | 15.7119 | 7.2826 | 0.7027 | 14.5653 | 0.6381 |
| HSV | R | 16.3442 | 6.9786 | 1.6173 | 9.0390 | 0.2751 |
| G | 15.5708 | 6.9821 | 1.6658 | 8.7857 | 0.0836 |
| B | 12.9610 | 6.8414 | 1.3778 | 13.2423 | 0.5549 |
|  | avg | 14.9587 | 6.9340 | 1.5536 | 10.3557 | 0.3045 |
| PCA | R | **20.7176** | 6.4068 | 1.3752 | 7.5878 | 0.0696 |
| G | **18.1942** | 7.3376 | 1.1999 | 9.4226 | 0.0092 |
| B | 9.2495 | 7.1051 | 0.5727 | 14.1046 | 0.2968 |
|  | avg | **16.0538** | 6.9498 | 1.0493 | 10.3717 | 0.1252 |
| Proposed method | R | 16.5019 | **7.5990** | **0.1193** | **17.1746** | **0.7882** |
| G | 16.1958 | **7.5710** | **0.0837** | **17.1697** | **0.7123** |
| B | **13.6560** | **7.1812** | **0.0772** | **18.3751** | **0.7869** |
|  | avg | 15.4512 | **7.4504** | **0.0934** | **17.5731** | **0.7625** |

方面最不清晰,与主观视觉所得结果一致; 而 HSV+Contourlet算法、HSV+NSCT算法和HSV+NSST算法虽然在平均梯度和信息熵方面有了很大的提高, 但这三个算法所得结果的交叉熵相对较大,说明这三个算法在图像光谱信息的增强方面表现较差, 这与主观视觉效果相一致;与以上四种融合算法相比,本文所提算法虽然平均梯度在平均值上排名第四,在B波段上排名第一, 但在信息熵、交叉熵、峰值信噪比和结构相似度方面均是最优的, 总体说明本文算法所获得的融合结果在图像细节的保持和光谱信息的增强方面都是最好的.

3 结 论

文中提出了一种针对MS图像和PAN图像的融合新算法. 该算法首先对MS图像进行HSV变换并提取亮度分量V, 然后对V分量和PAN图像分别用所提规则进行NSST融合得到新的V分量, 最后将新的V分量与原MS图像的H分量和S分量进行HSV逆变换得到最终融合图像. 实验结果表明,该方法在图像融合过程中, 能够实现MS图像与PAN图像的高保真融合.

致谢衷心感谢审稿专家提出的宝贵修改意见和建议.

参考文献(References):

1. Liu Bin, Peng Jiaxiong. Multi-spectral image fusion method based on two channels non-separable wavelets[J]. Sciences, 2008,51(12): 2022-2032.
2. LiuJun, HuangJunyi, LiHuali, et al. Human visual system consistent quality assessment for remote sensing image fusion[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2015, 105: 79-90.
3. 常华文, 陈春香. 基于HSV变换与小波变换的遥感图像融合[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28（23）: 5682-5684.

Chang Huawen, Chen Chunxiang. Image fusion based on HSV color space model and wavelet transform[J]. Computer Engineering and Design, 2007, 28(23): 5682-5684.

1. 伊力哈木∙亚尔买买提, 谢丽蓉, 孔军. 基于PCA变换与小波变换的遥感图像融合方法[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(7): 2335-2340.

Yilihamu∙Yaermaimaiti, Xie Lirong, Kong Jun. Remote sensing image fusion based on PCA transform and wavelet transform[J]. Infrared and Laser Engineering, 2014, 43(7): 2335-2340.

1. 辛亚楠, 邓磊. 基于小波变换的遥感图像融合方法研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013, 50(2):133-138.

Xin Yunan, Deng Lei. An Improved Remote Sensing Image Fusion Method Based on Wavelet Transform[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2013, 50,021001:1-5.

1. 李文静, 温文鹏, 王清和. 基于Contourlet变换的遥感图像融合方法研究[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(2): 44-50.

Li Wenjing, Wen Wenpeng, Wang Qinghe. A study of remote sesing image fusion method based on Contourlet transform[J]. Remote Sensing For Land & Resources, 2015, 27(2): 44-50.

1. Yang Y, Que Y, Huang S Y, et al. Technique for multi-focus image fusion based on fuzzy-adaptive pulse-coupled neural network[J]. Signal Image & Video Processing, 2017, 11(3):439-446.
2. Yang Y, Que Y, Huang S, et al. Multimodal Sensor Medical Image Fusion Based on Type-2 Fuzzy Logic in NSCT Domain[J]. IEEE Sensors Journal, 2016, 16(10):3735-3745.
3. Easley G, Labate D, Lim W Q. Sparse directional image representations using the discrete shearlet transform[J]. Applied & Computational Harmonic Analysis, 2008, 25(1):25-46.
4. Labate D, Kutyniok G. Sparse multidimensional representation using shearlets[J]. 2005, 39(1):298-318.
5. 葛雯, 姬鹏冲, 赵天臣. NSST域改进NMF的红外与可见光图像融合[J]. 光电工程, 2016, 43(4):73-77.

GE Wen，JI Pengchong，ZHAO Tianchen. Infrared and visible light images fusion of improved NMF on NSST domain[J]. Opto-Electronic Engineering, 2016, 43(4):73-77.

1. Huang W, Jing Z. Evaluation of focus measures in multi-focus image fusion[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(4):493–500.
2. 阳方林, 郭红阳, 杨风暴. 像素级图像融合效果的评价方法研究[J]. 测绘技术学报, 2002, 16（4）: 276-279.

Yang Fanglin, Gao Hongyang, Yang Fengbao. Study of evaluation methods on effect of pixel-level image fusion[J]. Journal of Test and Measurement Technolongy , 2002, 16(4): 276-279.

1. Balasubramaniam P, Ananthi V P. Image fusion using intuitionistic fuzzy sets[J]. Information Fusion, 2014, 20(1):36-47.

**作者简介：**李可（1980.12—），女，广西柳州人，汉族，硕士，讲师，专任教师，从事计算机应用技术，软件工程研究。张康，男，博士，教授，主要从事图像处理方面的研究。

详细地址：广东省广州市荔湾区荔丰街13号

邮编：510370 手机号码：13016370765

邮箱：iuikk4@163.com